



УДК 621.301

Н.Г. Косулина, д.т.н., проф. каф.
А.Д. Черенков, д.т.н., проф. каф.
ОЭ ХНТУСГ

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Введение. Как показывает анализ литературы, электромагнитное излучение (ЭМИ) оказывает влияние на количественные и качественные показатели урожая с.х. культур. Наиболее отзывчивые на ЭМИ овощные культуры до 23%, далее идут зернобобовые, крупяные, масличные, злаковые.

Особый интерес и значимость представляет влияние низкоэнергетического (информационного) поляризованного ЭМП на биологические объекты с целью повышения качества и количества урожая, обеззараживание семян, лечение животных, борьбы с с.х. вредителями.

Применение информационного электромагнитного поля (ЭМП) в с.х. связано с наименьшими затратами энергии при максимальном влиянии на информационные процессы жизнедеятельности биообъектов, которые зависят не от величины энергии воздействующего излучения, а от соответствующих частотных и модуляционно-временных параметров ЭМП.

Актуальность данных исследований подтверждается изобретениями, открытиями, в том числе в сельскохозяйственной биоэлектромагнитологии, зарубежными работами, которые связаны с целенаправленным использованием информационного излучения ЭМП не только на животных и растениях, но и на человека. Однако максимальные (желаемые) изменения свойств данного биообъекта (с учетом состояния внешней среды) могут быть получены только при оптимальном сочетании значений биотропных параметров, воздействующего ЭМП.

Каждый из биотропных параметров может принимать сотни и тысячи значений в интервалах необходимой дискретности. В каждой из точек информационного поля необходимо осуществить выдержку (экспозицию) и измерить (оценить) изменение состояния биообъекта за разумно допустимое время. Эти эксперименты корректно вручную провести нельзя, ибо сам биообъект станет иным, за столь большое время эксперимента.

Определение биотропных параметров ЭМП с использованием агротехнических методов довольно трудоемко. Поэтому многочисленные результаты по увеличению урожайности с.х. культур от воздействия ЭМП, получаемые методом случайных проб, не имеют достаточной повторяемости не могут служить основой для теоретических анализа и, следовательно, не находят широкого применения в сельскохозяйственном производстве.

Решение проблемы по определению оптимальных параметров ЭМП для информационного воздействия на биообъекты лежит в разработке математических моделей, на основе которых определялся бы возможный диапазон изменений биотропных пара-

метров, а оптимизацию этих параметров проводить с помощью автоматизированных систем неразрушающего контроля биообъектов.

Автоматизированная система устраняет субъективность, она дает возможность получения различных структур ЭМП, определяет оптимальные значения откликов биообъектов, сигнализирует об их наличии, допускает изменение программ.

Из анализа существующих методов измерения параметров материалов и веществ внимание заслуживает эффект Кирлиан – метод газоразрядной визуализации (ГРВ).

Достоинством метода ГРВ биообъектов является: максимальная информативность объекта исследования, или, иными словами, создание условий для максимального влияния параметров объекта на характеристики газового разряда; неинвазивность процесса измерения, то есть минимальное возмущение влияние процессов газового разряда – электронно-ионной бомбардировки, ультрафиолетового излучения, молекулярного кислорода и озона; удобство проведения измерений; полная безопасность; неразрушающий контроль; возможность автоматизации измерений; получение отклика в электрической и визуальной форме.

В тоже время существующие устройства газоразрядной визуализации биоматериалов, применяемых как в Украине, так и за рубежом, имеют существенные недостатки: высокая трудоемкость измерений; недостаточная точность и чувствительность измерений; применение для ограниченного круга веществ.

Из проведенного анализа следует, что в настоящее время отсутствует разработка методических принципов изучения влияния информационного поляризованного ЭМП на биообъекты, недостаточно изучен вопрос создания математических моделей способных дать аналитическое описание происходящих при облучении процессов на клеточном, молекулярном и организменном уровнях организации биообъектов, нет методологии определения численных значений биотропных параметров, способных вызывать максимальный отклик биообъектов в соответствии с намеченным биологическим эффектом.

Применение автоматизированной системы ГРВ для определения биотропных параметров ЭМП для различных биообъектов (на уровне клетки, тканей, организма в целом) позволит создать новые вещества и технологии в сельскохозяйственном производстве, промышленности и медицины. Поэтому целесообразно проведение исследований в указанном направлении, это позволит получить приоритетные для Украины результаты в областях науки и производства.

Основная часть. Формирование газоразрядного образа биообъекта основано на процессе интенсивности лавинного разряда в зависимости от напряженности электрического поля, места нахождения биообъекта в датчике, размеров биообъекта, расстояния между обкладками датчика и места подключения источника напряжения.

Для расчета распределения электрического поля между двумя плоскими электродами, на поверхности одного из которых находится исследуемый объект, был использован метод комплексных потенциалов. Комплексный потенциал осуществляет отображение плоскости z на плоскость w , конформное во всех точках области поля, где его напряженность отлична от нуля. Следовательно, зная комплексный потенциал поля, можно найти его эквипотенциальные и силовые линии, следовательно, и всю картину поля.

Теоретические исследования показали, что для получения качественной ГРВ-граммы исследуемый биообъект следует располагать на поверхности выступа электрода с расстоянием между выступом и вторым электродом датчика 1 мм, а источник высоковольтного напряжения величиной 15 – 20 кВ подключать по центру выступа без смещения.

Для выбора оптимальной частоты следования импульсов и оценки степени неинвазивности метода была проведена оценка энергетики тепловых процессов и ее влияние на биообъект. Расчет показал, что для исключения теплового влияния ГРВ на исследуемый биообъект исследование биообъектов следует проводить при выделяемой в разряде мощности $0,08 \text{ мкВт/см}^2$ [1].

Качество и точность выполнения функций устройством ГРВ зависят от неискаженной передачи формы импульсов напряжения трансформатором.

Главное и решающее значение, определяющее конструкцию и габариты импульсного трансформатора, имеют паразитные колебательные процессы, возникающие в трансформаторной цепи. Эти процессы обуславливаются, в основном, паразитной емкостью и индуктивностью рассеяния обмоток трансформатора и величиной емкости датчика ГРВ [2].

Для решения этой задачи была использована эквивалентная схема импульсного трансформатора. Численный анализ показал, что для критического режима величина емкости датчика должна быть не более 8 мкФ , при этом длительность переднего фронта и спад вершины Δ импульса составили $11,2 \text{ нс}$ и $0,006U$ соответственно [2].

Многочисленные исследования показывают, что существенную роль в процессах ГРВ играет оптическое излучение биообъектов. В основе излучения семян с.х. культур лежит та или иная разновидность люминесценции, зависящая от реакций, для которых характерно образование свободных радикалов.

Всякая реальная биологическая система обладает бесконтактным числом уровней энергии, бесконечным числом уровней энергии и бесконечным многообразием своих оптических свойств, что сильно затрудняет их исследование.

Наибольшая вероятность рекомбинации свободных радикалов в семенах будет наблюдаться на частоте $46,8 \text{ ГГц}$ с плотностью потока мощности 20 мкВт/см^2 . Зависимость вероятности рекомбинации свободных радикалов от сдвига частоты показала, что для максимальной хемилюминесценции семян их необходимо обрабатывать ЭМИ с относительной нестабильностью частоты генератора от 10^{-7} до 10^{-9} [3].

Для определения биотропных параметров низкоэнергетического ЭМП, оказывающее целенаправленное изменение метаболических процессов в семенах с.х. культур были проведены теоретически исследования по взаимодействию ЭМИ с семенами с.х. культур.

Установлено, что зависимость метаболических процессов в семенах от действия низкоэнергетического ЭМП связана с наличием информационных процессов в них.

Решение данной проблемы является достаточно трудной задачей, которая связана не только со сложной внутренней структурой семян (зерен), но и с отличием их геометрии от регулярной (правильной формы) (сфера, эллипсоид, цилиндр и т.д.)

Для практических расчетов внутренних полей в биообъектах были получены выражения, на основании которых можно сказать что расчетное значение амплитуды электрической составляющей внутреннего ЭМП лежит в диапазоне частот $41 - 43 \text{ ГГц}$ и достигает максимального значения на частоте $42,1 \text{ ГГц}$, которая и может быть частотой ЭМП для облучения семян сои [4].

Применение в сельскохозяйственном производстве низкоэнергетического поляризованного ЭМП крайневysokочастотного (КВЧ) диапазона потребовало проведения теоретического анализа по созданию поляризационных устройств КВЧ диапазона, способных работать в широком диапазоне частот $30 - 50 \text{ ГГц}$.

Анализ существующих методов расчета поляризационных устройств показал, что их основным недостатком является большой объем вычислительных работ, получение результатов на фиксированной частоте и затруднительное использование для практических целей.

Решение задачи методом сшивания заключается в представлении неизвестных полей в каждой из расчетных областей в виде разложения по собственным функциям соответствующих ей областей. Так как явный функциональный вид для взаимно ортогональных собственных функций известен, то решение задачи сводится к определению коэффициентов (или амплитуд) при собственных функциях в разложениях поля в каждой из частичных областей.

Для анализа была рассмотрена поляризационная структура, в которой структура при $z < 0$ (область 1) и $z > l$ (область 3) будет представлять собой круглые волноводы; а при $0 < z < l$ – два полукруглых с общей границей под углом φ_0 к полярной оси (область 2). Для определения неизвестных коэффициентов были использованы условия непрерывности поперечных составляющих поля на границе областей 1 и 2 (при $z = 0$) и областей 2 и 3 ($z = l$) [5].

Соотношение между электрическими составляющими полей, прошедших за перегородку (получаемых после подстановки в них найденных амплитуд) определяют поведение поляризационной структуры, зависящей от длины перегородки, угла, под которым перегородка ориентирована относительно вектора напряженности электрического поля набегающей волны, количества мод, обусловленных диаметром волновода и соотношениями между волнами обеих типов, возникающих у неоднородностей.

В результате численного решения задачи было установлено, что коэффициент эллиптичности поляризационного устройства в диапазоне частот 40 – 50 ГГц составляет от 0,93 до 1,02 для размеров перегородки: $l = 5$ мм; $\alpha = 42^\circ$; $r = 4$ мм, для 30 – 40 ГГц от 0,94 до 0,98 для размеров перегородки: $l = 6$ мм; $\alpha = 45^\circ$; $r = 4$ мм [5].

Был изготовлен опытный образец устройства для ГРВ семян с.х. культур для анализа состояния биообъекта после обработки их низкоэнергетическим поляризованным ЭМП КВЧ диапазона. Установка состоит из фотографической ячейки, нижняя часть и верхняя часть ячейки имеет плоские металлические электроды, на которых размещаются плоские диэлектрические пластины, фотокамеры, высоковольтного генератора, микроамперметра, компьютера, кабеля интерфейса.

ГРВ устройство биообъектов имеет следующие параметры: амплитуда напряжения импульсов 20 кВ; длительность импульсов 10^{-6} с; количество импульсов в пачке 100 шт.; наклон вершины импульса не более $0,0063U$; погрешность периода повторения импульсов $\pm 0,0012\tau_{имп}$; длительность фронта импульса 12 нс; период повторения импульсов 10^{-5} с; период повторения пачки импульсов 10^{-3} .

Для экспериментальных исследований взята самая распространенная белково-масличная культура – соя, так как благодаря своему богатому и разнообразному химическому составу (содержится до 55% белка и до 20 – 27% жира) соя широко используется как продовольственная, кормовая и техническая культура.

В состав генератора ГРВ входят: генератор синхронизирующих импульсов, генератор времени регистрации, электронные ключи, формирователь импульсов синхронизации, формирователь длительности пачки импульсов и паузы, устройство импульсной стабилизации тока, усилитель мощности, токовый ключ.

При конкретном техническом решении сущность процесса ГРВ может быть сведена к определенной теоретической схеме: за счет приложенного ЭМП и возбуждения газового разряда осуществляется преобразование информации о параметрах исследуемого объекта в информацию о характеристиках газоразрядного изображения биообъекта.

Поверхностная визуализация сои при этом весьма сложна, поэтому, для выявления информации об исследуемом объекте следует в первую очередь выявить параметры разряда, поддающиеся количественным оценкам. К этим параметрам относятся

площадь изображения короны, яркость изображения короны, коэффициент формы, плотность изображения, яркость изображения короны и т.д.

Для облегчения вычислений параметров ГРВ-грамм было сделано программное обеспечение ГРВ установки, которое реализовано в виде программных процедур и объединено в библиотеку операций обработки и анализа изображений. Аппаратная часть ГРВ семян позволяет получать одиночные (по кадровые) изображения или последовательности изображений (кадров) ГРВ-грамм в реальном масштабе времени и запоминать их в виде BMP формате. Выявлено разностным методом статистической обработки существенная разница на 5% и на 1% уровнях значимости между ГРВ-граммами облученных ЭМП КВЧ диапазона и необлученных семян сои.

Уточнение параметров ЭМП для предпосевной обработки семян сои было проведено в ходе экспериментальных исследований. Для получения зависимости, связывающей значения функции отклика семян с параметрами ЭМП при наличии аддитивной помехи случайного характера, применимо полнофакторное планирование второго порядка. В соответствии с принятыми интервалами варьирования факторов был реализован факторный эксперимент типа 2^{5-1} , т.е. полуреплика от полного факторного эксперимента 2^5 . Выходная величина y – ток (мкА). После проведения измерений и расчетов получено уравнение регрессии для семян сои. В результате расчетов были получены оптимальные параметры поляризованного ЭМИ: $x_1 = 10^{-7}$; $x_2 = 42,2$ ГГц; $x_3 = 10$ мин; $x_4 = 15$ мкВт/см²; $x_5 = \pi/4$ (правая поляризация).

В лабораториях института имени Докучаева было изучено влияния низкоэнергетического поляризованного ЭМП КВЧ диапазона на хромосомные aberrации семян сои. Самые наибольшие изменения хромосомных перестроек происходят на частоте 42,2 ГГц – 11% при правой поляризации; самые незначительные изменения хромосомных перестроек при левой поляризации: – 1,9% при частоте 41,5 ГГц.

Сравнивая показатели всхожести при частотах 41,5 ГГц и 43,5 ГГц больший процент всхожести при правой поляризации и экспозиции 10 мин: 80% и 81%. Экспериментальные исследования по содержанию хлорофилла «а» в листьях сои после предпосевной обработки семян низкоэнергетическим поляризованным ЭМП КВЧ излучения показали, что наибольшее увеличение содержания хлорофилла в листьях сои превысило контроль на 0,4 мг/г при облучении семян сои с правой поляризацией. При левой поляризации содержание хлорофилла уменьшилось на 0,05 мг/г по сравнению с контролем. Было выявлено влияние низкоэнергетического поляризованного ЭМП КВЧ на содержание азота и фосфора в сое. Содержание фосфора в зеленой массе сои при облучении семян на частоте 42,2 ГГц при правой поляризации выше на 0,9%. При левой поляризации содержание фосфора одинаково на всех частотах. Наибольшее содержание азота при правой поляризации КВЧ излучения 7,9% и 7%, а наименьшее при левой поляризации 6% и 5,9% соответственно, от нестабильности частоты генератора 10^{-7} , 10^{-3} .

Полевые опыты по влиянию низкоэнергетического поляризованного ЭМП КВЧ диапазона на урожайность сои при предпосевной обработке семян проводились с раннеспелым сортом Медея. Сорт Медея (вегетационный период 90 – 100 дней), имеет высокую полевую устойчивость к болезням и полеганию, полное созревание семян наступает в третьей декаде августа. Семена крупные (масса 1000 шт. семян 170 – 218 г), овальные, светло-желтого цвета со светло-коричневым рубчиком, пригодны для пищевых целей.

Соя, облученная низкоэнергетическим поляризованным ЭМП КВЧ диапазона, имеет более правильное развитие (размер и количество цветковой кисти, длина и ширина боба, число семян в бобе и т.д.), что в итоге сказывается на урожайности.

Из результатов предпосевной обработки семян следует, что полевая всхожесть составила 89% в 2005 г., по сравнению с контролем 75%, 91% в 2004 г., по сравнению с контролем 72%, 90% в 2006 г., по сравнению с контролем 68%, урожайность сои увеличилась по сравнению с контролем в 2005 г., на 2,8 ц/га; в 2006 г. на 3,2 ц/га; в 2007 г. на 2,9 ц/га. Прибавка урожая сои произошла за счет увеличения соцветий, и как следствие увеличения количества бобов на кисти, увеличения объемной массы на 0,05 кг (больше контроля на 1000 шт), удельной массы (плотность) на 0,15 г/см³ больше контроля на 1000 шт).

Количественный анализ белка и жира в семенах сои, полученных из урожая семян, выращенных с применением предпосевной обработки, поляризованным низкоэнергетическим ЭМИ КВЧ диапазона показал, что в опытных семенах количества белка увеличилась почти на 5%, а жира на 2,2% по сравнению с контролем.

Выводы. Годовой экономический эффект в виде прироста прибыли от внедрения при предпосевной обработки семян сои информационными поляризованными ЭМП КВЧ диапазона составил 6960 грн. на 10 га, а ожидаемый эффект по Харьковской области 22 272 000 грн.

Литература

1. Косулина Н.Г., Черенков А.Д. Формирование газоразрядного образа биообъекта расположенного в углублении плоского электрода, ширина которого больше его глубины на основе эффекта Кирлиан // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал. – 2006. – № 12. – С. 42 – 47.
 2. Косулина Н.Г. Выбор устройства стабилизации тока в импульсном трансформаторе для систем неразрушающего контроля биообъектов при воздействии на них ЭМП КВЧ диапазона // Таврійська державна агротехнічна академія. Праці. Мелітополь: ТДАТА. – 2006. – Вип. 43. – С. 43 – 51.
 3. Косулина Н.Г. Воздействие низкоэнергетических электромагнитных полей на биофизику мембранных процессов в клетках семян сои // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2007. – №3/4 (27). – С. 30 – 34.
 4. Косулина Н.Г. Распределение электромагнитных полей внутри семян зерновых культур с сечением правильной и неправильной формы // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №3/2 (21). – С. 122 – 125.
- Косулина Н.Г. Программно-аппаратный комплекс на основе эффекта Кирлиан для оценки отклика биообъектов после их обработки низкоэнергетическим поляризованным ЭМП КВЧ диапазона // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал. – 2007. – № 4. – С. 50 – 54.

НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РОСЛИННИЦТВІ

Н.Г. Косулина, А.Д. Черенков

Розглянуто вплив низькоенергетичного електромагнітного поля на врожайність с.г. культури (сої). Визначено оптимальні біотропні параметри електромагнітного поля при яких досягається найбільший інформаційний ефект взаємодії поля на біологічний об'єкт.

LOW-ENERGY ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES ARE IN PLANT-GROWER

N.G. Kosulina, A.D. Cherenkov

Influence of the low-energy electromagnetic field is considered on the productivity of agriculture culture (soy). The optimum biotrope parameters of the electromagnetic field are certain at which the most informative effect of cooperation is arrived at on a biological object.